

JT

中华人民共和国交通运输(公路)行业标准

JT 3132.3—90

公路桥梁板式橡胶支座成品 力学性能检验规则

Rule for mechanical performance inspection
of elastomeric bearings for highway bridges

1990-06-05 发布

1991-01-01 实施

中华人民共和国交通部 发布

公路桥梁板式橡胶支座成品力学性能检验规则

Rule for mechanical performance inspection of elastomeric bearings for highway bridges

1 主题内容与适用范围

本标准规定了板式橡胶支座抗压弹性模量、抗剪弹性模量、极限抗压强度、容许剪切角、摩擦系数、容许转角检验有关的符号、试验方法和判定规则。

本标准适用于检测公路桥梁用板式橡胶支座成品力学性能。

2 引用标准

JT3132.1 公路桥梁板式橡胶支座规格系列

JT3132.2 公路桥梁板式橡胶支座技术条件

JJG139 拉力压力和万能材料试验机检定规程

3 符号

E ——抗压弹性模量, MPa;

G ——抗剪弹性模量, MPa;

R_u ——极限抗压强度, MPa;

α ——橡胶片的容许剪切角, rad;

$\operatorname{tg} \alpha$ ——橡胶片容许剪切角的正切值;

μ_h ——橡胶片与混凝土表面摩擦系数;

μ_g ——橡胶片与钢板表面摩擦系数;

μ_f ——四氟板与不锈钢板表面摩擦系数;

θ ——支座容许转角, rad;

$\operatorname{tg} \theta$ ——支座容许转角正切值;

l_a ——支座短边尺寸, mm;

l_b ——支座长边尺寸, mm;

δ_1 ——支座中间层橡胶片厚度, mm;

n ——支座中加劲钢板层数;

S ——支座形状系数;

δ ——支座总厚度, mm;

δ_0 ——支座中单层加劲钢板的厚度, mm;

δ_j ——支座橡胶层的总厚度, mm;

A ——支座承压面积, mm²;

σ ——试验时作用在支座上的压应力, MPa;

$[\sigma]$ ——支座的平均容许压应力, MPa;

τ ——试验时作用在支座上的剪应力, MPa;

H ——试验时作用在支座上的水平力, kN;

- Δ_0 ——支座累积压缩变形, mm;
 Δ_s ——支座累积水平变形, mm;
 ε_1 ——支座累积压缩应变;
 γ_1 ——支座累积剪切应变;
 N ——支座承载力, kN。

4 试验条件、试样、仪器要求

4.1 试验条件

试验室的标准温度为 $23 \pm 5^\circ\text{C}$, 相对湿度为 $(65 \pm 5)\%$ 。

4.2 试样 (被检验支座的简称)

4.2.1 试样尺寸

试样尺寸应取用实样。只有受压力机吨位限制时, 可由检验单位或用户与试验单位、监检单位协商用特制试样代替实样。

4.2.2 试样的技术要求

4.2.2.1 试样应符合 JT3132.2 的有关规定。

4.2.2.2 试样的长边、短边、直径、中间层橡胶片厚度、总厚度等, 均以该种试样所属规格系列中的公称值为准。

4.2.2.3 摩擦系数试验试样要求

摩阻力试验的试样可分 4 种:

- a. 板式橡胶支座试样 对支座试样的平面尺寸和高度不作统一规定。
- b. 混凝土试样 混凝土试样的尺寸可用矩形混凝土块, 矩形的每一边应长出支座试样相应边长 50~100mm。试样的高度应不小于 50mm, 其上下面应平整而不光滑。试样混凝土的标号不应低于 25 号, 并在试样内适当配置钢筋。
- c. 钢板、不锈钢板试样 钢板试样可直接由热轧钢板上割取, 表面不必加工。试样为矩形, 每一边应长出支座试样相应边长 50~100mm, 钢板厚度不宜小于 10mm。不锈钢板试样采用 0Cr17Ni12Mo2 或 1Cr18Ni9Ti 不锈钢板, 表面粗糙度的 Ra 小于 $0.8\mu\text{m}$, 试样为矩形, 每边至少应长出支座试样相应边长 100mm, 厚度不宜小于 2mm。

d. 四氟滑板式支座试样 对四氟滑板式支座试样的平面尺寸和高度不作统一规定。

4.2.3 试样数量

每次检验应取三种不同形状系数支座进行, 各种试验试样通用。每种试样数量如下:

- 4.2.3.1 抗压弹性模量试验试样数量为三块。
- 4.2.3.2 抗剪弹性模量试验试样每两块组成一对, 数量为三对。
- 4.2.3.3 极限抗压强度试验试样数量不得少于三块。
- 4.2.3.4 容许剪切角试验试样每两块组成一对, 数量为三对。
- 4.2.3.5 摩擦系数试验试样数量为二块。
- 4.2.3.6 容许转角试验试样每两块组成一对, 数量为三对。

4.2.4 试样抽取

试样应在仓库内任取, 储存条件应满足 JT3132.2 要求。

4.2.5 试样停放

试验前应将试样直接暴露在标准温度和湿度下, 停放三天, 以使试样内外温度一致。

4.3 仪器

4.3.1 压力试验机的示值误差应不小于满负荷的 0.5%, 并应具有正确的加载中心。加载时应平稳无震动。压力机的使用负荷应在其满负荷的 (15~85)% 范围内, 并按 JJG139 进行检定。

4.3.2 百分表量程应不小于5mm，并应定期检定。

4.3.3 试验中使用的带有测力装置的千斤顶，其千斤顶和测力计（或百分表）的使用负荷应在其满量程的(15~85)%范围内。测力计的示值误差应为其满量程的0.5%。

4.3.4 抗剪弹性模量试验、容许剪切角试验、摩擦系数试验中所使用的中间钢拉板可参照图1制作。

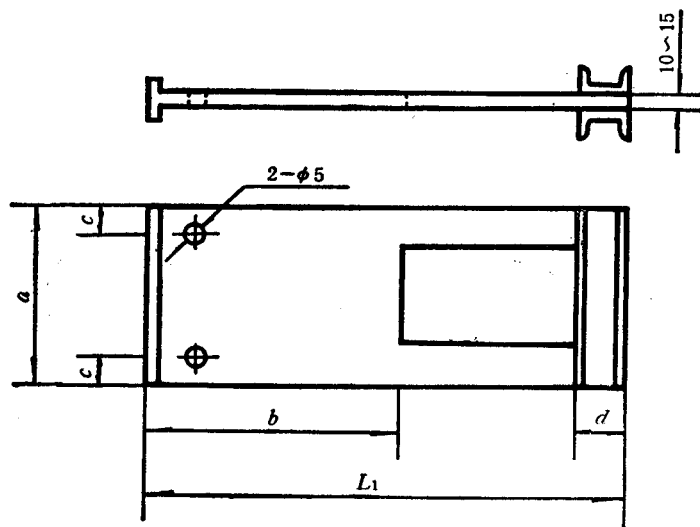


图 1
尺寸单位: mm

钢拉板的各部位尺寸要根据压力试验机承载板、支座试样、千斤顶、传感器等器物的尺寸和支座试样水平变形的大小确定。

5 试验方法

5.1 抗压弹性模量试验

5.1.1 试验步骤

5.1.1.1 将试样置于压力机的承载板上，对准中心，加载至压应力为1.0MPa，在承载板四角对称安置四只百分表。

5.1.1.2 进行预压。将压应力缓缓增至 $[\sigma]$ ，持荷5min，然后卸载至压应力为1.0MPa，记录百分表初始值，预压三次。

5.1.1.3 正式加载。每一加载循环自 $\sigma_1=1.0\text{MPa}$ 开始，每级压应力增加1.0MPa，持荷3min，读取百分表读数，至 $[\sigma]$ 为止，然后卸载至压应力为1.0MPa。10min后进行下一加载循环。加载过程连续进行三次。

5.1.1.4 以承载板四角所测得的变化值的平均值，作为各级荷载下试样的累计压缩变形 Δ_i ，按试样橡胶层的总厚度 δ_i 求出在各级试验荷载作用下，试样的累计压缩应变 ε_i 。

5.1.2 试验结果的计算

5.1.2.1 抗压弹性模量按下式计算，其中矩形支座的 $i, k, [\sigma]$ 取值见表1。

$$E = \frac{\sum_{i=1}^k (\sigma_i - \bar{\sigma})^2}{\sum_{i=1}^k (\sigma_i - \bar{\sigma}) \varepsilon_i} \quad (1)$$

式中: σ_i ——第 i 级试验压应力, MPa;
 $\bar{\sigma}$ ——试验压应力的算术平均值, MPa;
 ε_i ——第 i 级试验荷载作用下的累计压缩应变值;
 E ——试样的抗压弹性模量, MPa。

5.1.2.2 每一块试样的抗压弹性模量 E 为三次加载过程所得的三个结果的算术平均值。但单项结果和算术平均值之间的偏差不应大于算术平均值的10%, 否则该试样应重新试验一次。

表 1

形 状 系 数 S	i	k	$\sigma_s = [\sigma]$
			MPa
>8	5	10	10.0
$>7 \sim 8$	4	9	9.0
$>6 \sim 7$	3	8	8.0
$\geq 5 \sim 6$	2	7	7.0

5.2 抗剪弹性模量试验

5.2.1 试验步骤

5.2.1.1 在压力机的承载板上, 将试样及中间钢拉板按双剪组合配置好, 而且试样和中间钢拉板的对称轴应和压力机承载板中轴在同一垂直面上。

5.2.1.2 将压应力缓缓增至 $[\sigma]$, 并在整个抗剪试验过程中保持不变。

5.2.1.3 安装水平千斤顶及测力计和回转式挠度计(或百分表)。水平千斤顶的轴线应和中间钢拉板的对称轴重合。

5.2.1.4 水平力预载。施加水平力至剪应力 $\tau = 1.0\text{MPa}$, 持荷5min, 然后卸载至剪应力为0.1MPa, 记录挠度计初始值。预载三次。

5.2.1.5 正式加载。每一加载循环自 $\tau_1 = 0.1\text{MPa}$ 开始, 每级剪应力增加0.1MPa, 持荷1min, 读取挠度计读数, 至 $\tau = 1.0\text{MPa}$ 为止, 然后卸载至剪应力为0.1MPa。10min 后进行下一循环。加载过程连续进行三次。

5.2.1.6 将各级水平荷载下挠度计所测出的试样累积水平变形 Δ_s , 按试样橡胶层的总厚度 δ_j 求出在各级试验荷载作用下, 试样的累积剪切应变 γ_i 。

5.2.2 试验结果的计算

5.2.2.1 抗剪弹性模量按下式计算

$$G = \frac{\sum_{i=1}^{10} (\tau_i - \bar{\tau})^2}{\sum_{i=1}^{10} (\tau_i - \bar{\tau}) \gamma_i} \quad (2)$$

式中: τ ——第 i 级试验剪应力, MPa;
 $\bar{\tau}$ ——试验剪应力的算术平均值, MPa;
 γ_i ——第 i 级试验荷载作用下的累计剪切应变值;
 G ——试样的抗剪弹性模量, MPa。

5.2.2.2 每两个检验支座所组成试样的综合抗剪弹性模量 G 为这组试件三次加载所得的三个结果的算术平均值。但各单项结果与算术平均值之间的偏差应不大于算术平均值的10%, 否则该试样应重新进行试验一次。

5.3 极限抗压强度试验

5.3.1 将试样放置在压力机的承载板上，并对准中心位置。

5.3.2 缓缓加载，加载速率按每分钟增加1.0MPa控制，至试样的压应力达到 $7[\sigma]$ 为止，并随时观察试样是否完好无损。

5.4 容许剪切角试验

5.4.1 试验步骤

容许剪切角试验方法同抗剪弹性模量试验，并可与抗剪弹性模量试验同时完成。

5.4.2 试验结果的计算

试样的容许剪切角按下式计算

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\tau_{\max}}{G} \quad (3)$$

式中： τ_{\max} ——试验时最大剪应力，MPa；

G ——试样抗剪弹性模量，MPa；

$\operatorname{tg} \alpha$ ——试样橡胶片容许剪切角正切值。

5.5 摩擦系数试验

摩擦系数试验，除要求必须对四氟板与不锈钢板进行检验外，对橡胶与混凝土，橡胶与钢板间摩擦系数试验可在需要或用户要求时进行检验。

5.5.1 试验步骤

5.5.1.1 将试样按图2规定摆好，对准中心位置。

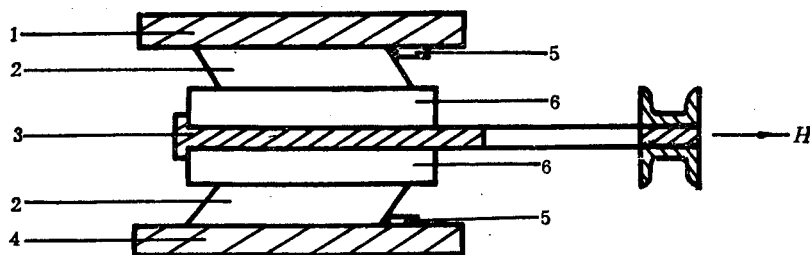


图 2

1-压力机上承载板；2-支座试样；3-中间钢拉板；4-压力机下承载板；5-承载板上附加的防滑挡板；
6-混凝土、钢板、或不锈钢板试样

5.5.1.2 施加压应力至 $[\sigma]$ ，并在整个摩擦系数试验过程中保持不变。

5.5.1.3 逐级均匀施加水平力，每级间隔30s增加水平剪应力0.2MPa，至支座试样与混凝土、钢板、不锈钢板试样接触面间发生滑动时为止，记录此时的水平剪应力。试验过程连续进行三次。

5.5.2 试验结果的计算

试样的摩擦系数按下式计算，并求出三次的算术平均值。

$$\mu = \frac{\tau}{[\sigma]} \quad (4)$$

式中： τ ——接触面间发生滑动时的水平剪应力，MPa；

$[\sigma]$ ——平均容许压应力，MPa；

μ ——摩擦系数。

5.6 容许转角试验

5.6.1 试验原理

施加压应力至平均容许压应力 $[\sigma]$ ，则试样产生垂直压缩变形。然后用油压千斤顶对中间工字梁施加一个向上的力 P ，工字梁产生转动，上下试样边缘也产生压缩及回弹两个相反变形。由转动产生的支

座边缘的变形必须小于由垂直荷载和强制转动共同影响下产生的压缩变形（见图3、图4）。

5.6.2 试验步骤

5.6.2.1 将试样按图3规定摆好，对准中心位置。在距试样中心 600mm 处，安装使梁产生转动用的千斤顶和测力计，并在承载梁（或板）四角对称安置四只百分表。

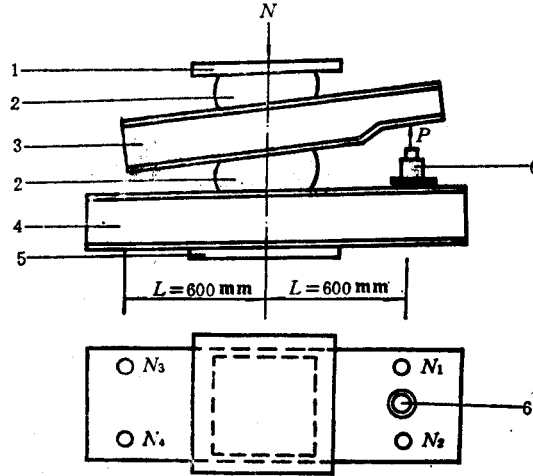


图 3

1-压力机上承载板；2-试样；3-中间工字梁（假想梁体）；4-承载梁（板）；5-压力机下承载板；6-千斤顶

5.6.2.2 进行预压。将压应力缓缓增至 $[\sigma]$ ，维持 5min，然后卸载至压应力为 1.0MPa，如此反复三遍。检查百分表是否安妥，读数是否灵敏准确。

5.6.2.3 正式加载。施加压应力至 $[\sigma]$ ，停 5min 读数。维持 $[\sigma]$ 不变，用油压千斤顶对中间工字梁施加一个向上的力 P，使其达到预期转角的正切值（偏差不大于 5%），停 5min 后，读取千斤顶力 P 及百分表的读数。

5.6.2.4 试验结果的计算

a. 实测转角的正切值计算

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2}{2L} \quad (5)$$

式中： $\operatorname{tg} \theta$ ——实测转角的正切值；

Δ_1^2 ——百分表 N_1, N_2 处的变形平均值，mm；

Δ_2^2 ——百分表 N_3, N_4 处的变形平均值，mm；

L ——转动力臂， $L = 600\text{mm}$ 。

b. 各种转角下，由于垂直荷载和转动共同影响产生的压缩变形值计算

$$\Delta_2 = \bar{\Delta}_0 - \Delta_1 \quad (6)$$

$$\Delta_1 = (\Delta_1^2 + \Delta_2^2) / 2 \quad (7)$$

式中： $\bar{\Delta}_0$ ——垂直荷载 N 时试样累积压缩变形值（可用抗压弹性模量试验测得数值），mm；

Δ_1 ——转动试验时，试样中心平均回弹变形值，mm；

Δ_2 ——垂直荷载和转动共同影响下试样中心处产生压缩变形值，mm。

c. 各种转角下，试样边缘换算变形值计算

$$\Delta_3 = \operatorname{tg} \theta \cdot l_s / 2 \quad (8)$$

式中： l_s ——试样短边尺寸，mm；

Δ_3 ——试样边缘换算变形值，mm。

d. 各种转角下，支座边缘最大、最小变形值计算

$$\Delta_{max} = \Delta_2 + \Delta_3 \quad (9)$$

$$\Delta_{min} = \Delta_2 - \Delta_3 \quad (10)$$

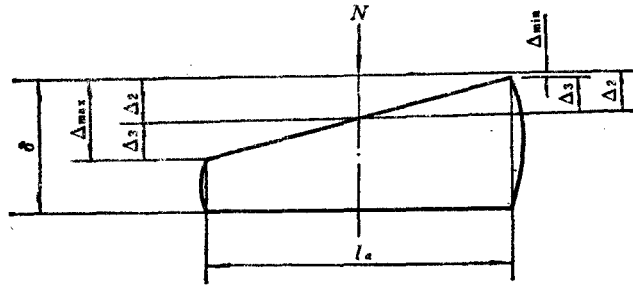


图 4

6 试验记录及报告

6.1 抗压弹性模量试验记录及报告

抗压弹性模量试验记录以表 2 表示。

表2 抗压弹性模量试验测定值

试样 编号	规格尺寸 $l_a \times l_b \times \delta$ mm	橡胶 层厚 δ_1 mm	测定 次数	百分表 编 号	压 应 力 MPa											求出 E 值 MPa	算术平 均值 \bar{E} MPa	E 值 与 E ₀ 偏差 %	标准容 许 值 MPa	与标 准偏 差 %	橡胶 邵尔 A	形状 系数 S
					1.0	2.0	3.0	4.0														
			1	N_1																		
				N_2																		
				N_3																		
				N_4																		
				平均值 Δ_c 压应变 ϵ_1																		
			2	N_1																		
				N_2																		
				N_3																		
				N_4																		
				平均值 Δ_c 压应变 ϵ_1																		
			3	N_1																		
				N_2																		
				N_3																		
				N_4																		
				平均值 Δ_c 压应变 ϵ_1																		
Δ_c 算术平 均值 mm																						

试验者:
校对者:
试验单位:

计算者:
审核者:
试验日期:

委托单位:
生产厂家:
监检单位:

试验温度:
备注:

6.2 抗剪弹性模量、容许剪切角试验记录及报告

抗剪弹性模量、容许剪切角试验记录以表3表示。

表3 抗剪弹性模量、容许剪切角试验测定值

试样 编号	规格 尺寸 $l_a \times l_b$ $\times \delta$ mm	橡胶 总厚 度 δ_1 mm	测定 次数	回转式 挠度仪 编 号	剪 应 力 MPa												求出 G 值 MPa	算术平 均值 \bar{G} MPa	G 值 与 \bar{G} 偏差 %	标准容 许值 G MPa	与准 偏差 %	橡胶硬 度邵尔 A	试验切 角正值 tg α	标准容 许值 tg α
					0.1	0.2	0.3																	
			1		N_1																			
					N_2																			
					平均值 Δ																			
					剪应变 γ_1																			
					N_1																			
					N_2																			
			2		平均值 Δ																			
					剪应变 γ_1																			
					N_1																			
					N_2																			
					平均值 Δ																			
					剪应变 γ_1																			
			3		N_1																			
					N_2																			
					平均值 Δ																			
					剪应变 γ_1																			
					N_1																			
					N_2																			

试验者:

计算者:

委托单位:

试验温度:

校对者:

审核者:

生产厂家:

备注:

试验单位:

试验日期:

监检单位:

6.3 极限抗压强度试验记录及报告

极限抗压强度试验记录以表4表示。

表4 极限抗压强度测定值

试样 编号	规格尺寸 $l_a \times l_b \times \delta$ mm	形状 系数 S	中间层橡胶 片厚度 δ_1 mm	单层钢板 厚度 δ_0 mm	橡胶硬度 邵尔 A	容许压应力 [σ] MPa	极限抗压强度 $R_a > 7[\sigma]$ MPa	试样工 作状态

试验者:

计算者:

委托单位:

校对者:

审核者:

生产厂家:

试验单位:

试验日期:

监检单位:

试验温度:

备 注:

6.4 摩擦系数试验记录及报告

摩擦系数试验记录以表5表示。

续上表

[illegible]

试验者:

校 对 者:

试验单位:

试验温度:

计算者:

审核者:

试验日期:

备 注:

委托单位:

生产厂家:

監檢單位:

7 判定规则

7.1 试样的抗压弹性模量与 JT3132.2 表 2 中规定值的偏差在 $\pm 20\%$ 范围之内时, 则认为是满足要求的。

7.2 试样的抗剪弹性模量与 JT3132.2 表 2 中规定值的偏差在 $\pm 15\%$ 范围之内,容许剪切角正切值符合 JT3132.2 表 2 的规定,则认为是满足要求的。

7.3 在 $7[\sigma]$ 压应力时,橡胶层未被挤坏,中间层钢板未断裂,四氟板与橡胶未发生剥离,则认为试样的极限抗压强度是满足要求的。

7.4 试样的摩擦系数符合 JT3132.2 表 2 的规定时, 则认为是满足要求的。

7.5 试样的容许转角正切值,混凝土、钢筋混凝土桥在 $1/300$,钢桥在 $1/500$ 时,试样边缘最小变形值大于或等于零时,则认为试样容许转角是满足要求的。

7.6 三块(或三组)试样中,有两块(或两组)不能满足要求时,则认为该批产品不合格。若有一块(或一组)试样不能满足要求时,则应重新再取三块(或三组)试样进行试验,若仍有一块(或一组)不能满足要求时,则也认为该批产品不合格。

附加说明:

本标准由交通部工程管理局提出。

本标准由交通部标准计量研究所归口。

本标准由交通部公路规划设计院负责起草，上海市政工程设计院参加编制。

本标准主要起草人郑学珍、王心方、肖镜明。